

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-046177

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

---

(51)Int.Cl. H01S 5/02

B23K 26/00

H01S 3/00

// B23K101:40

---

(21)Application number : 2001-232788 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC  
IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.07.2001 (72)Inventor : YAJIMA HIROYOSHI  
YAMANAKA KEIICHIRO  
KATO MAKOTO  
ISHIBASHI AKIHIKO

---

(54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LASER

---

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture approach of the semiconductor laser characterized by irradiating the ultrashort pulse laser beam of transparent wavelength to said oxide single crystal substrate at least, performing a laser scribe to said layered product substrate, and carrying out cleavage of said layered product substrate in the direction perpendicular to said stripe at least along with said laser scribe marks to the layered product substrate which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field.

[Claim 2] Said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of the semiconductor laser according to claim 1 characterized by said thing [ carrying out a laser scribe ] from said compound semiconductor laminated material layer front face whose plane of incidence of said ultrashort pulse laser beam it irradiates from said oxide single crystal substrate side, and is an opposite side.

[Claim 3] Said laser scribe by the exposure of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of the semiconductor laser according to claim 1 or 2 characterized by being a laser scribe inside said layered product substrate.

[Claim 4] Said laser scribe by the exposure of said ultrashort pulse laser beam is

the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-3 characterized by consisting of the 1st laser scribe which carries out the scribe of said oxide single crystal substrate, and the 2nd laser scribe which carries out a scribe ranging over said compound semiconductor layered product object and said oxide single crystal substrate.

[Claim 5] The polarization direction of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-4 characterized by being the parallel linearly polarized light to said direction of a laser scribe.

[Claim 6] The condensing spot to said layered product substrate of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-5 characterized by being large in an parallel direction compared with a direction perpendicular to said direction of a laser scribe.

[Claim 7] The depth of focus of the condensing spot to said layered product substrate of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-6 characterized by being below the thickness of said layered product substrate.

[Claim 8] The pulse width of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-7 characterized by being ten or less picoseconds.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the semiconductor laser manufacture approach for obtaining a good resonator about the manufacture approach of semiconductor laser in the layered product substrate which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field.

[0002]

[Description of the Prior Art] As the scribe approach for carrying out cleavage of the layered product substrate which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field conventionally, approaches, such as a diamond scribe, dicing, etching, and a laser scribe, are used. Among these, a diamond scribe is the approach of applying and carrying out cleavage of the force of the direction of a layered product substrate to a cutting edge in the condition of the diamond point having performed grooving processing on the front reverse side of a layered product substrate, and having made the cutting edge for braking contacting the whole surface of a slot after that. Dicing is the approach of being carrying out grooving processing and performing cleavage of a layered product substrate to a

layered product substrate using a diamond wheel. Etching is the approach of performing grooving processing to compound semiconductor laminated material, and performing cleavage of a layered product substrate by dry etching method like for example, the ion milling method using the reactivity of an etching ingredient and the ingredient which constitutes compound semiconductor laminated material. The 3rd 4th higher-harmonic light of an YAG laser which is the excimer laser light and infrared light which are the carbon-dioxide-gas-laser light and ultraviolet radiation which are the same approach as a diamond scribe fundamentally, for example, are far-infrared light was irradiated at the layered product substrate, and the laser scribe was also performing grooving processing to the layered product substrate. The laser scribe method using a laser beam is indicated by the JP,10-321908,A specification.

[0003] Hereafter, the separation approach of the nitride system compound semiconductor indicated by the JP,10-321908,A specification with reference to drawing 6 is explained. By this approach, the semi-conductor wafer 100 with which the nitride system compound semiconductor 101 was formed beforehand is prepared. The buffer layer which this semi-conductor wafer 100 made form GaN at low temperature on silicon on sapphire 102 is formed. One by one, it is the semi-conductor wafer 100 of the diameter of 2 inch in which form GaN in as an N type contact layer, and GaN was made to form as AlGaIn and a P type contact layer as InGaIn of a non dope, and a P type cladding layer as a barrier layer. In addition, partial etching of a non-\*\* Fig. is performed to a semi-conductor, and P type and an N-type semiconductor are exposed, respectively. The electrode is formed in the exposed semi-conductor front face, and after separation is formed so that it may function as a light emitting device. Moreover, it is etched to semiconductor junction along the slot by which laser radiation is carried out ( drawing 6 (a)). Such a semi-conductor wafer 100 is placed in a fixed position on an X-Y stage. Making excimer laser irradiate, the semi-conductor wafer 100 is moved to the X-axis and Y shaft orientations, respectively, and the 1st slot 103 is made to form in all directions. The 1st formed slot 103 is an inverse triangle configuration whose opening it is formed from a semi-conductor front-face side to a part of silicon on sapphire, and is about 40 micrometers of width ( drawing 1 (b)). Next, the cutting edge of dicing is applied to the 1st slot formed of laser radiation, the cutting edge of dicing is run along the 1st slot, and the 2nd slot 104 is made to form ( drawing 1 (c)). Then, it is made to dissociate every semiconductor chip 105 by applying a pressure with a roller, pushing and dividing from a silicon-on-sapphire side, along the 2nd slot 104, ( drawing 1 (d)). Thereby, the appearance of each semiconductor chip can form an equal semiconductor device.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the laser scribe method, to an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material, it was opaque, and the semi-conductor was separated using the laser beam which is wavelength with absorption, and there were the following problems among the Prior arts mentioned above fundamentally. This laser beam was the excimer laser light of the carbon-dioxide-gas-laser light of far-infrared

light, or ultraviolet radiation, and the 3rd 4th higher-harmonic light of an YAG laser, and that light wave form made the continuous wave or the long pulse wave of several ten or more picoseconds irradiate it, and it was performing grooving processing to the layered product substrate. Absorption of the laser beam in this case takes place with the optical frequency below the phonon oscillating band of an ingredient, and takes place with the photon energy more than the energy band of an ingredient by the short wavelength side at a long wavelength side. Only near the ingredient incidence front face of a laser beam, this phenomenon is changed into a cause to picosecond order, and the absorbed light energy is transformed into the heat energy of an ingredient. However, since the irradiation time of a laser beam, i.e., the heat impregnation time amount to an ingredient, is long time amount compared with the thermal diffusion rate of a layered product substrate ingredient, the temperature rise in the condensing spot field in which light energy is absorbed is difference with the amount of thermal diffusion, and the thermal diffusion to the outside of a condensing spot causes a surrounding temperature rise. For this reason, it is very difficult to obtain the cleavage plane used as a desired optical resonator because make the perimeter of a condensing spot generate defects, such as a crack and a chipping, and this temperature rise changes the property of compound semiconductor laminated material, and there was a problem to which the product yield of semiconductor laser worsens.

[0005] This invention aims at offering the manufacture approach of the semiconductor laser which can solve such a conventional problem, can control generating of defects, such as a crack in the laser scribe method, and a chipping, and can obtain the optical resonator which is a cleavage plane good [ without changing the property of compound semiconductor laminated material ], as a result can raise a product yield.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to solve this technical problem, to the layered product substrate which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field, this invention irradiates the ultrashort pulse laser beam of transparent wavelength to an oxide single crystal substrate at least, performs a laser scribe to a layered product substrate, and is made to carry out cleavage of the layered product substrate in the direction perpendicular to that stripe at least along with these laser scribe marks. By this, generating of defects, such as a crack by the laser scribe and a chipping, can be controlled, and the optical resonator which is a cleavage plane good [ without changing the property of compound semiconductor laminated material ] can be obtained, as a result a product yield can be improved.

[0007]

[Embodiment of the Invention] As opposed to the layered product substrate with which invention of this invention according to claim 1 consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field In the direction perpendicular to said stripe at least, irradiate the ultrashort pulse laser beam of transparent wavelength to said oxide single crystal substrate at least, and a laser scribe is performed to said layered

product substrate. It is the manufacture approach of the semiconductor laser characterized by carrying out cleavage of said layered product substrate along with said laser scribe marks. Since the scribe which does not have defects, such as a crack and a chipping, by this becomes possible and there is also no property change of the compound semiconductor laminated material at the time of a scribe, by carrying out cleavage of the layered product substrate along with these scribe marks The optical resonator which is a good cleavage plane is obtained, and it has an operation of becoming possible to improve a product yield.

[0008] Said ultrashort pulse laser beam is irradiated to invention of this invention according to claim 2 from said oxide single crystal substrate side, and it has an operation of enabling the removal object which the plane of incidence of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of the semiconductor laser according to claim 1 characterized by said thing [ carrying out a laser scribe ] from said compound semiconductor laminated material layer front face which is an opposite side, and carries out generating scattering by this at the time of a scribe to prevent the property fall of the semiconductor laser by carrying out the reattachment to compound semiconductor laminated material.

[0009] Said laser scribe according [ invention of this invention according to claim 3 ] to the exposure of said ultrashort pulse laser beam is the manufacture approach of the semiconductor laser according to claim 1 or 2 characterized by to be a laser scribe inside said layered product substrate, and it becomes possible to lose scattering of the removal object generated by this at the time of a scribe, and it has an operation of becoming possible to prevent the property fall of the semiconductor laser by the thing to the compound semiconductor laminated material of a removal object to do for the reattachment.

[0010] Said laser scribe by the exposure of said ultrashort pulse laser beam invention of this invention according to claim 4 The 1st laser scribe which carries out the scribe of said oxide single crystal substrate, It is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-3 characterized by consisting of the 2nd laser scribe which carries out a scribe ranging over said compound semiconductor layered product object and said oxide single crystal substrate. It has an operation that the improvement in the location precision at the time of carrying out cleavage of a layered product substrate by this and the cleavability of an oxide single crystal substrate improve.

[0011] Invention of this invention according to claim 5 has an operation that the improvement in location precision at the time of the polarization direction of said ultrashort pulse laser beam being the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-4 characterized by being the parallel linearly polarized light to said direction of a laser scribe, and carrying out cleavage of a layered product substrate by this and upgrading of a cleavage plane are obtained.

[0012] Compared with the direction where the condensing spot to said layered product substrate of said ultrashort pulse laser beam is perpendicular to said direction of a laser scribe, improvement in the working speed at the time of being the manufacture approach of the semiconductor laser a publication and carrying out a laser scribe to either of claims 1-5 characterized by being large in an parallel direction by this is achieved, and invention of this invention according to

claim 6 has an operation that improvement in productivity is obtained.

[0013] Invention of this invention according to claim 7 is the manufacture approach of semiconductor laser given in either of claims 1-6 characterized by the depth of focus of the condensing spot to said layered product substrate of said ultrashort pulse laser beam being below the thickness of said layered product substrate, and has an operation that improvement in the processing location precision of the layered product substrate thickness direction is obtained by this.

[0014] In either of claims 1-7 characterized by the pulse width of said ultrashort pulse laser beam being ten or less picoseconds, invention of this invention according to claim 8 is the manufacture approach of the semiconductor laser a publication, and has an operation of being easy to reduce the temperature rise by the thermal diffusion in the outside of the ultrashort pulse laser beam exposure spot of a layered product substrate by this.

[0015] Hereafter, a drawing is used and explained to operation of this invention about a gestalt. (Gestalt 1 of operation) Drawing 1 shows the structure of the layered product substrate in the gestalt 1 of operation of this invention. It is the sectional view of a layered product substrate, and 1 is an oxide single crystal substrate, for example, drawing 1 (a) is silicon on sapphire. 2 -- a buffer layer and 3 -- for a barrier layer and 6, as for p mold contact layer and 8, p mold cladding layer and 7 are [ n mold contact layer and 4 / n mold cladding layer and 5 / p lateral electrode and 9 ] n lateral electrodes, and the compound semiconductor laminated material 10 is constituted by these [ 2-9 ]. The compound semiconductor laminated material 10 has a stripe-like configuration like drawing 1 (b), consists of nitride system groups III-V semiconductor, such as GaN, AlGaIn, and GaInN, and includes pn junction.

[0016] Drawing 1 (b) is drawing which looked at the layered product substrate which has the cross section of drawing 1 (a) from the compound semiconductor laminated material 10 side. When it sees from this direction, the p lateral electrode 8, the n lateral electrode 9, and the n side contact layer 3 can be seen, and the p lateral electrode 8 and the n lateral electrode 9 constitute a stripe-like configuration. The scribe for cleavage is formed in the directions 11a and 11b perpendicular to a stripe configuration, by carrying out cleavage along with this scribe, a good cleavage plane is formed in n mold cladding layer 4 and p mold cladding layer 6 focusing on a barrier layer 5 at least, and the Fabry-Perot optical resonator is formed among both cleavage planes. Then, the scribe for cleavage is formed in the directions 12a and 12b parallel to a stripe configuration, and a semiconductor laser component is obtained by carrying out cleavage along with this scribe. Drawing 1 (a) is the sectional view which looked at the obtained semiconductor laser component from the direction of direction 11a perpendicular to a stripe configuration, or 11b.

[0017] The nitride system group III-V semiconductor who illustrated as compound semiconductor laminated material 10 is hexagonal structure, and the direction with the cleavability of this perpendicular to the c-th page is a field (11-20) or (1-100) a field. Moreover, although the illustrated silicon on sapphire which is the oxide single crystal substrate 1 is also hexagonal structure, the field which shows

strong cleavability does not exist. The laminating of the compound semiconductor laminated material 10 is carried out one by one on the oxide single crystal substrate 1 for example, by the MOCVD method, and it is structured. For lattice constant adjustment with the compound semiconductor laminated material 10 which consists of a nitride system group III-V semiconductor who illustrated, although the oxide single crystal substrate 1 does not have strong cleavability, silicon on sapphire is chosen. At this time, the direction which has the cleavability of the compound semiconductor laminated material 10 on the c-th page of silicon on sapphire is constituted so that it may be in agreement with a direction perpendicular to the stripe configuration of the compound semiconductor laminated material 10.

[0018] The oxide single crystal substrate 1 which is silicon on sapphire illustrated with the gestalt 1 of this operation, and the nitride system group III-V semiconductor who constitutes the compound semiconductor laminated material 10 have very high Mohs hardness. For this reason, high quality was required also of the scribe for obtaining a good cleavage plane, and in the diamond scrubber which is a contact method, or dicing, the crack and chipping which are generated in the case of a scribe became a trigger, and a good cleavage plane was not obtained but it had become fall factors, such as a product yield of a semiconductor laser component, and quality, a life. On the other hand, neither in a continuous wave exposure on the wavelength to which laser scribing which is a non-contact method also has absorption in the conventional substrate, nor the exposure of the long pulse wave more than a nanosecond, the crack and chipping resulting from a temperature rise became a trigger by thermal diffusion other than an exposure field, and a good cleavage plane was obtained. Moreover, a crack and a chipping become the factor which increases transition resulting from the temperature rise after the compound semiconductor laminated material 10, change the property of a compound semiconductor 10 and become quality and the fall factor of a life.

[0019] Drawing 2 is the outline block diagram of the laser scribe equipment by ultrashort pulse laser. For a pulse energy attenuator and 23, as for a laser beam beam condensing unit and 25, a laser beam transducer and 24 are [ 21 / an ultrashort pulse laser oscillation machine and 22 / a layered product substrate and 26 ] substrate maintenance migration devices. An excited medium is a solid-state medium which has  $\text{Cr}^{3+}$  which is transition-metals ion,  $\text{Ti}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{4+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$  that is rare earth ion,  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Ho}^{3+}$ , and  $\text{Er}^{3+}$ , and the ultrashort pulse laser oscillation machine 21 is oscillated from the mode-locking-ized optical resonator which has a distributed compensation component. The pulse frequency of this optical oscillator is several 10MHz, and depending on the case, since it is not sufficient pulse energy for a laser scribe, it is amplified by a regenerative amplifier and the multistage amplifier with a pulse elongation compressor. Since pulse shape is a sech wave, when the same pulse energy compares it, it is a pulse which has high peak light reinforcement.

[0020] The ultrashort pulse laser beam oscillated from the ultrashort pulse laser oscillation machine 21 is decreased to the pulse energy which was suitable for the laser scribe with the pulse energy attenuator 22 if needed. Specifically, a

wavelength plate is decreased according to the device combined two or more sheets using polarization of ultrashort pulse light. Furthermore, the spatial distribution and the polarization condition of an ultrashort pulse laser beam are changed by the laser beam converter 23 if needed. Spatial distribution is changed with a lens, or a lens group and a mask, for example, specifically, a polarization condition is changed with a wavelength plate. Thus, the changed ultrashort pulse laser beam 31 is condensed by the laser beam beam condensing unit 24. Specifically, they are reflective molds, such as a single lens, a transparency mold called a lens group, the spherical surface or a paraboloid, and an aspherical mirror. A condensing spot size is decided by the angle of divergence and focal distance which are generated at the time of the magnitude of the ultrashort pulse laser beam which carries out incidence, and propagation, and the depth of focus which is the breadth distance in the propagation of the spot size is decided by wavelength, condensing spot size, or a focal distance, wavelength and the incidence size to a beam condensing unit 24. The layered product substrate 25 which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material is held at the substrate maintenance migration device 26, and the substrate maintenance migration device 26 is equipped with the migration device for example, by the XYZ stage. By the above, the ultrashort pulse laser beam 31 is irradiated by the layered product substrate 25, and performs a laser scribe.

[0021] Next, the laser scribe device to the layered product substrate 25 of an ultrashort pulse laser beam is explained. Light energy is absorbed with the free electron in the metal matter, and the interaction with the metal matter of an ultrashort pulse laser beam is emitted as a phonon to picosecond order, is changed to a solid-state system, becomes the temperature rise of the metal matter as heat, and can start and carry out the scribe of evaporation and the evaporation above a certain temperature. Moreover, in a dielectric, it ionizes according to the multiple-photon-absorption process in which it depends on peak light reinforcement for the bound electron bound to the valence band, a free electron is generated, and a scribe can be carried out according to the same process as the metal matter. The thermal diffusion length in the inside of the matter is decided by irradiation time of the thermal diffusivity called for with thermal conductivity, a consistency, and heat capacity, and pulse laser light. That is, the thermal diffusion to a perimeter can be controlled, so that it is short laser pulsed light, and they are ten or less picoseconds preferably. A previous multiple-photon-absorption process is a phenomenon depending on the peak light reinforcement. That is, also in a transparent ingredient, a scribe becomes possible to the wavelength of an ultrashort pulse laser beam. Moreover, if the field where this multiple-photon-absorption process may happen is formed only in the interior of a transparent ingredient, a scribe will become possible inside a transparent material. Moreover, e-2 which the scribe only of the space field of peak light reinforcement where the multiple-photon-absorption process may happen becomes possible, and expresses a general condensing spot size if the ultrashort pulse laser beam has Gaussian distribution-spatial distribution The detailed scribe below width of face or half-value width is also possible. By the



above, the scribe which does not have the surrounding crack or surrounding chipping by the temperature rise by thermal diffusion at the laser scribe by the ultrashort pulse laser beam becomes possible, and if it is wavelength transparent to the layered product substrate 25, a laser scribe is possible not only inside a front face but arbitration. The scribe which can obtain a good cleavage plane by this can be attained.

[0022] Drawing 3 is drawing showing the process of the laser scribe approach by the exposure of an ultrashort pulse laser beam, (a) is the sectional view of the layered product substrate in the direction of radiation of an ultrashort pulse laser beam, and 31 is an ultrashort pulse laser beam. (b), (c), Drawing at the left end of (d) is a top view of the layered product substrate seen from the direction of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, a center is the A-A sectional view of a layered product substrate, and a right end is a B-B sectional view. 32 is the plane-of-incidence side laser scribe of the ultrashort pulse laser beam 31, and 34 is a laser scribe by the side of the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, and an opposite side.

[0023] The super-<sup>\*\*</sup> PASURU laser beam 31 is irradiated from the compound semiconductor laminated material 10 side of a layered product substrate. The wavelength of the ultrashort pulse laser beam 31 is transparent wavelength to the compound semiconductor laminated material 10 and the oxide single crystal substrate 1. For example, in GaN which is a nitride compound semiconductor as compound semiconductor laminated material 10, the absorption end by the side of short wavelength is 360nm, and is transparent to visible and near-infrared light. Moreover, in the case of the silicon on sapphire which is an oxide single crystal substrate, the absorption end by the side of short wavelength is 190nm, and is transparent to visible and near-infrared light.

[0024] In drawing 3 (b), except for the stripe section including an A-A cross section, a scribe is performed in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10, and a scribe 32 is performed until it results in the oxide single crystal substrate 1, as shown in a B-B sectional view. Furthermore, in drawing 3 (c), in addition to the scribe of (b), a scribe 32 is performed until it results [ the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10 ] in the direction perpendicular to it at p mold contact layer 7. In addition to the scribe of (c), in drawing 3 (d), a scribe 34 is performed to the oxide single crystal substrate 1 of an opposite side with the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31 to the field except the stripe section and the n lateral electrode 9 of the compound semiconductor laminated material 10 in the direction perpendicular to the SUTORAI BU section of the compound semiconductor laminated material 10. The cleavage which is the following process although the quality of a scribe does not have a difference in (d) from drawing 3 (b) is (d) of drawing 3 , (c), Cleavage becomes possible by little force in order of (b). The scribe part within a flat surface and the scribe part in a layered product substrate are the condensing spot locations of the ultrashort pulse laser beam by migration of a layered product substrate, and are performed to the oxide single crystal substrate 1 which is dielectric materials by doubling with the peak light location on the strength which can realize the multiple-photon-

absorption process.

[0025] A scribe 32 and 34 are not continuation, and even when they are discontinuous, they are good. Moreover, it is desirable when polarization of the ultrashort pulse laser beam 31 is made in agreement with the direction of a scribe by the linearly polarized light. Furthermore, by making spatial distribution of the ultrashort pulse laser beam 31 into an ellipse or a rectangle in the direction of a scribe, the field which can carry out a scribe at once is expanded, and productivity can be improved. Moreover, as for the pulse width of the ultrashort pulse laser beam 31, it is desirable that they are ten or less picoseconds.

[0026] The field which shows the cleavability of the compound semiconductor laminated material 10 is parallel to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10, the scribe 32 it is right-angled and according to the exposure of ultrashort pulse laser, and 34. A circular roller, a cutter, etc. are applied after scribe formation and to an oxide single crystal substrate side, cleavage is carried out by giving stress concentration to a scribe, and the optical-resonator side of semiconductor laser is acquired, and it divides in the shape of a bar. Then, although not illustrated, a semiconductor laser component is produced by the previous scribe by exposure or previous diamond scrubber of an ultrashort pulse laser beam, and a dicer performing a scribe in the direction parallel to the stripe of the compound semiconductor laminated material 10 desirably, applying a circular roller, a cutter, etc. to it after that at an oxide single crystal substrate side, and carrying out cleavage by giving stress concentration to a scribe, or performing division by the dicer.

[0027] (Gestalt 2 of operation) Next, the gestalt 2 of operation of this invention is explained. Since the gestalt 2 of this operation is the same as the gestalt 1 of operation fundamentally, the following explanation explains only a different part from the gestalt 1 of operation. Drawing 4 is drawing showing the gestalt of the laser scribe by the exposure of an ultrashort pulse laser beam, (a) is the sectional view of the layered product substrate in the direction of radiation of an ultrashort pulse laser beam, and 31 is an ultrashort pulse laser beam. (b), (c), Drawing at the left end of (d) is a top view of the layered product substrate seen from the direction of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, a center is the A-A sectional view of a layered product substrate, and a right end is a B-B sectional view. As for the plane-of-incidence side laser scribe of the ultrashort pulse laser beam 31, and 33, 32 is [ the laser scribe in a layered product substrate and 34 ] the laser scribes by the side of the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, and an opposite side. The ultrashort pulse laser beam 31 is irradiated from the oxide single crystal substrate 1 side of a layered product substrate. The wavelength of the ultrashort pulse laser beam 31 is transparent wavelength to the compound semiconductor laminated material 10 and the oxide single crystal substrate 1.

[0028] In drawing 4 (b), a scribe is performed in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10 except the stripe section and the n lateral electrode 9 including an A-A cross section, and a scribe 34 is performed to the oxide single crystal substrate 1 which is the plane of incidence and the opposite side of the ultrashort pulse laser beam 31 as shown

in a B-B sectional view. Furthermore, in addition to the scribe 32 of (b), in drawing 4 (c), the internal scribe 33 is performed to the stripe section and the n lateral electrode 9 which include an A-A cross section in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10 at the oxide single crystal substrate 1, and a buffer layer 2 and n mold contact layer 3. In addition to the scribe of (c), in drawing 4 (d), a scribe 32 is performed to the oxide single crystal substrate 1 which is the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31 in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10. The cleavage which is the following process although the quality of a scribe does not have a difference in (d) from drawing 4 (b) is (d) of drawing 4 , and (c), Cleavage becomes possible by little force in order of (b). The scribe part within a flat surface and the scribe part in a layered product substrate are the condensing spot locations of the ultrashort pulse laser beam by migration of a layered product substrate, and are performed to the oxide single crystal substrate 1 which is dielectric materials by doubling with the peak light location on the strength which can realize the multiple-photon-absorption process.

[0029] A scribe 32, 33, and 34 are not continuation, and even when they are discontinuous, they are good. Moreover, it is desirable when polarization of the ultrashort pulse laser beam 31 is made in agreement with the direction of a scribe by the linearly polarized light. Furthermore, by making spatial distribution of the ultrashort pulse laser beam 31 into an ellipse or a rectangle in the direction of a scribe, the field which can carry out a scribe at once is expanded, and productivity can be improved. Moreover, as for the pulse width of the ultrashort pulse laser beam 31, it is desirable that they are ten or less picoseconds.

[0030] The field which shows the cleavability of the compound semiconductor laminated material 10 is parallel to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10, the scribe 32 it is right-angled and according to the exposure of ultrashort pulse laser and 33, and 34. A circular roller, a cutter, etc. are applied after scribe formation and to an oxide single crystal substrate side, cleavage is carried out by giving stress concentration to a scribe, and the optical-resonator side of semiconductor laser is acquired, and it divides in the shape of a bar. Then, although not illustrated, a semiconductor laser component is produced by the previous scribe by exposure or previous diamond scrubber of an ultrashort pulse laser beam, and a dicer performing a scribe in the direction parallel to the stripe of the compound semiconductor laminated material 10 desirably, applying a circular roller, a cutter, etc. to it after that at an oxide single crystal substrate side, and carrying out cleavage by giving stress concentration to a scribe, or performing division by the dicer.

[0031] (Gestalt 3 of operation) Next, the gestalt 3 of operation of this invention is explained. Since the gestalt 3 of this operation is the same as the gestalt 1 of operation fundamentally, the following explanation explains only a different part from the gestalt 1 of operation. Drawing 5 is drawing showing the gestalt of the laser scribe by the exposure of an ultrashort pulse laser beam, (a) is the sectional view of the layered product substrate in the direction of radiation of an ultrashort pulse laser beam, and 31 is an ultrashort pulse laser beam. (b),

Drawing at the left end of (c) is a top view of the layered product substrate seen from the direction of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, a center is the A-A sectional view of a layered product substrate, and a right end is a B-B sectional view. As for the plane-of-incidence side laser scribe of the ultrashort pulse laser beam 31, and 33, 32 is [ the laser scribe in a layered product substrate and 34 ] the laser scribes by the side of the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31, and an opposite side. The ultrashort pulse laser beam 31 is irradiated from the oxide single crystal substrate 1 side of a layered product substrate. The wavelength of the ultrashort pulse laser beam 31 is transparent wavelength to the compound semiconductor laminated material 10 and the oxide single crystal substrate 1.

[0032] In drawing 5 (b), a scribe is performed in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10, and as shown in an A-A sectional view and a B-B sectional view, the internal scribe 33 is performed in the oxide single crystal substrate 1, and a buffer layer 2 and n mold contact layer 3. In addition to the scribe of (b), in drawing 5 (c), a scribe 32 is performed to the oxide single crystal substrate 1 which is the plane of incidence of the ultrashort pulse laser beam 31 in the direction perpendicular to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10. Although the quality of a scribe does not have a difference in drawing 5 (b) and (c), the cleavage of the cleavage which is the following process becomes possible by the force with less (c) of drawing 5. The scribe part within a flat surface and the scribe part in a layered product substrate are the condensing spot locations of the ultrashort pulse laser beam by migration of a layered product substrate, and are performed to the oxide single crystal substrate 1 which is dielectric materials by doubling with the peak light location on the strength which can realize the multiple-photon-absorption process.

[0033] A scribe 32, 33, and 34 are not continuation, and even when they are discontinuous, they are good. Moreover, it is desirable when polarization of the ultrashort pulse laser beam 31 is made in agreement with the direction of a scribe by the linearly polarized light. Furthermore, by making spatial distribution of the ultrashort pulse laser beam 31 into an ellipse or a rectangle in the direction of a scribe, the field which can carry out a scribe at once is expanded, and productivity can be improved. Moreover, as for the pulse width of the ultrashort pulse laser beam 31, it is desirable that they are ten or less picoseconds.

[0034] The field which shows the cleavability of the compound semiconductor laminated material 10 is parallel to the stripe section of the compound semiconductor laminated material 10, the scribe 32 it is right-angled and according to the exposure of ultrashort pulse laser and 33, and 34. A circular roller, a cutter, etc. are applied after scribe formation and to an oxide single crystal substrate side, cleavage is carried out by giving stress concentration to a scribe, and the optical-resonator side of semiconductor laser is acquired, and it divides in the shape of a bar. Then, although not illustrated, a semiconductor laser component is produced by the previous scribe by exposure or previous diamond scrubber of an ultrashort pulse laser beam, and a dicer performing a scribe in the direction parallel to the stripe of the compound semiconductor

laminated material 10 desirably, applying a circular roller, a cutter, etc. to it after that at an oxide single crystal substrate side, and carrying out cleavage by giving stress concentration to a scribe, or performing division by the dicer.

[0035]

[Effect of the Invention] As opposed to the layered product substrate which consists of an oxide single crystal substrate and compound semiconductor laminated material which has a stripe-like luminescence field as mentioned above according to this invention In the direction perpendicular to a stripe at least, irradiate the ultrashort pulse laser beam of transparent wavelength to an oxide single crystal substrate at least, and a laser scribe is performed to a layered product substrate. Since it was made to carry out cleavage of the layered product substrate along with these laser scribe marks Generating of defects, such as a crack by the laser scribe and a chipping, is controlled, and the optical resonator which is a cleavage plane good [ without changing the property of compound semiconductor laminated material ] can be obtained, as a result the advantageous effectiveness that a product yield can be improved is acquired.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (a) is the sectional view of the layered product substrate in the gestalten 1, 2, and 3 of operation of this invention.

(b) is the top view of the layered product substrate in the gestalten 1, 2, and 3 of operation of this invention.

[Drawing 2] The outline block diagram of the laser scribe equipment by the ultrashort pulse laser in the gestalten 1, 2, and 3 of operation of this invention

[Drawing 3] The process of the laser scribe approach by the exposure of the ultrashort pulse laser beam in the gestalt 1 of operation of this invention is shown, and (a) is the sectional view of a layered product substrate.

(b), (c), and (d) are a top view, an A-A sectional view, and a B-B sectional view.

[Drawing 4] The process of the laser scribe approach by the exposure of the ultrashort pulse laser beam in the gestalt 2 of operation of this invention is shown, and (a) is the sectional view of a layered product substrate.

(b), (c), and (d) are a top view, an A-A sectional view, and a B-B sectional view.

[Drawing 5] The process of the laser scribe approach by the exposure of the ultrashort pulse laser beam in the gestalt 3 of operation of this invention is shown, and (a) is the sectional view of a layered product substrate.

(b) and (c) are a top view, an A-A sectional view, and a B-B sectional view.

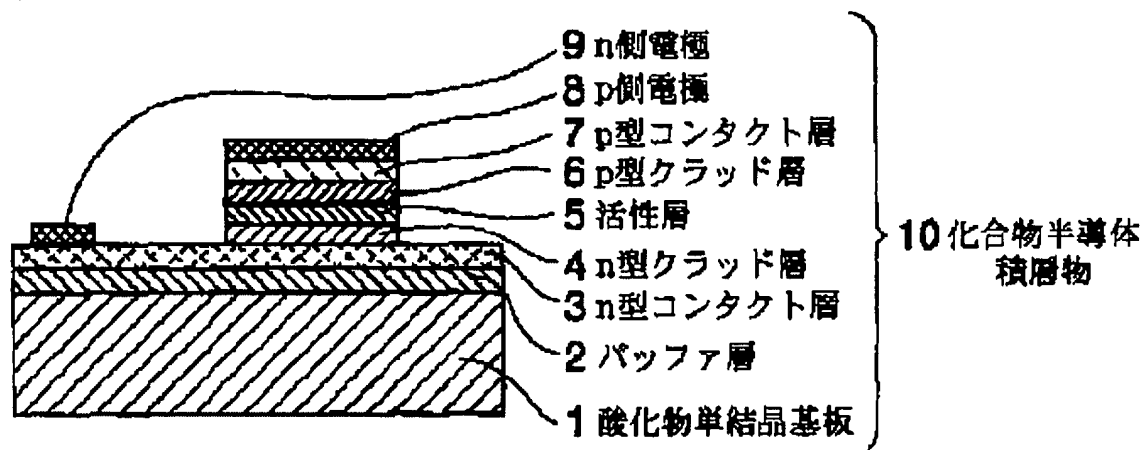
[Drawing 6] (a), (b), (c), and (d) are the sectional view of the compound semiconductor in which the process of the laser scribe approach in the conventional example is shown.

[Description of Notations]

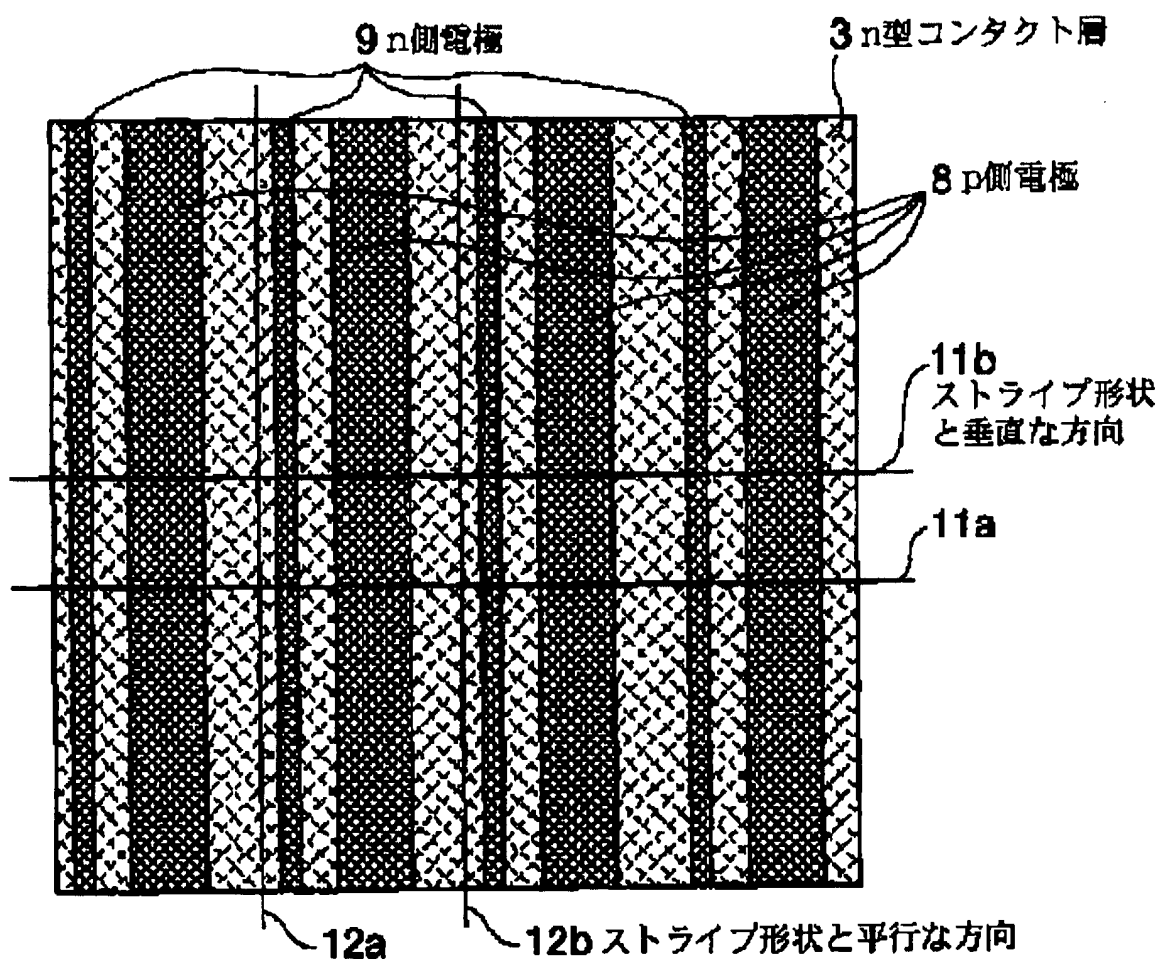
1 Oxide Single Crystal Substrate

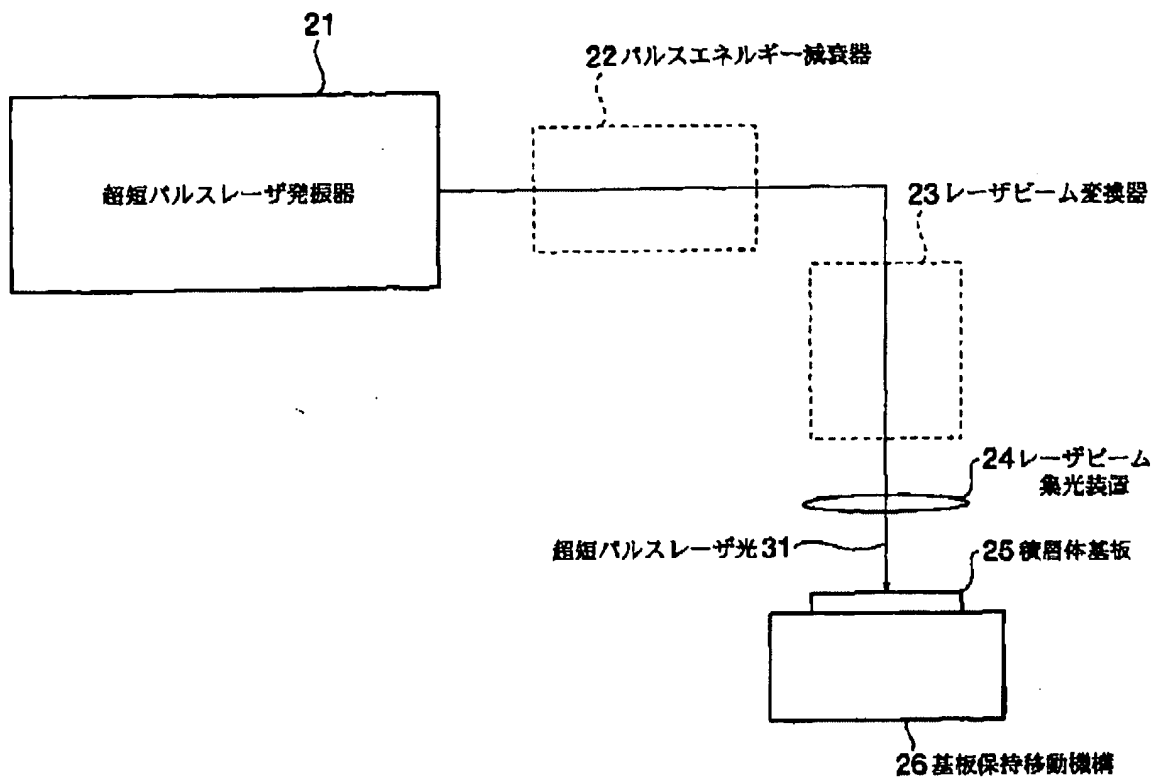
2 Buffer Layer  
3 N Mold Contact Layer  
4 N Mold Cladding Layer  
5 Barrier Layer  
6 P Mold Cladding Layer  
7 P Mold Contact Layer  
8 P Lateral Electrode  
9 N Lateral Electrode  
10 Compound Semiconductor Laminated Material  
11 Direction Perpendicular to Stripe Configuration  
12 Direction Parallel to Stripe Configuration  
21 Ultrashort Pulse Laser Oscillation Machine  
22 Pulse Energy Attenuator  
23 Laser Beam Converter  
24 Laser Beam Beam Condensing Unit  
25 Layered Product Substrate  
26 Substrate Maintenance Migration Device  
31 Ultrashort Pulse Laser Beam  
32 Plane-of-Incidence Side Laser Scribe of Ultrashort Pulse Laser Beam  
33 Laser Scribe in Layered Product Substrate  
34 Laser Scribe by the side of Plane of Incidence of Ultrashort Pulse Laser Beam,  
and Opposite Side

(a)

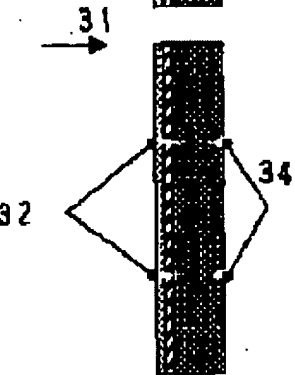
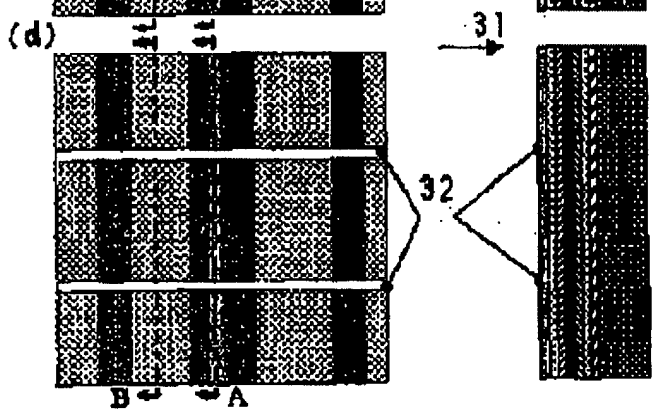
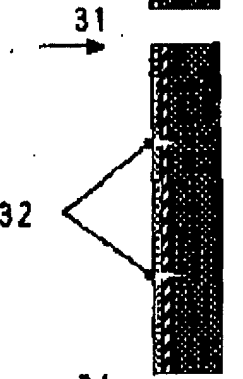
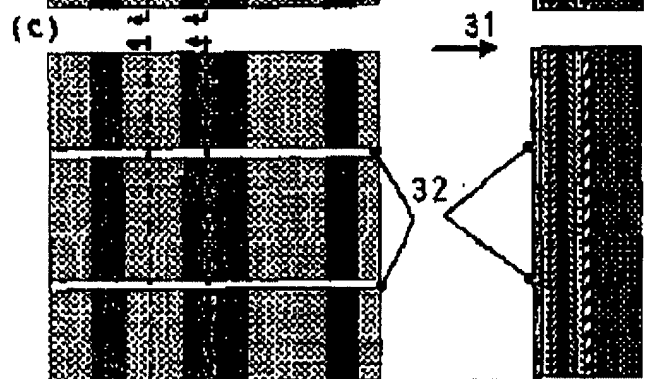
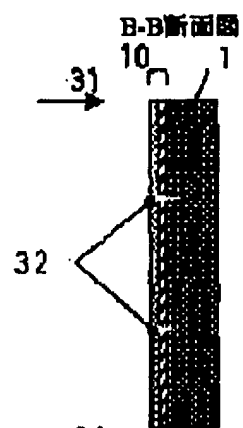
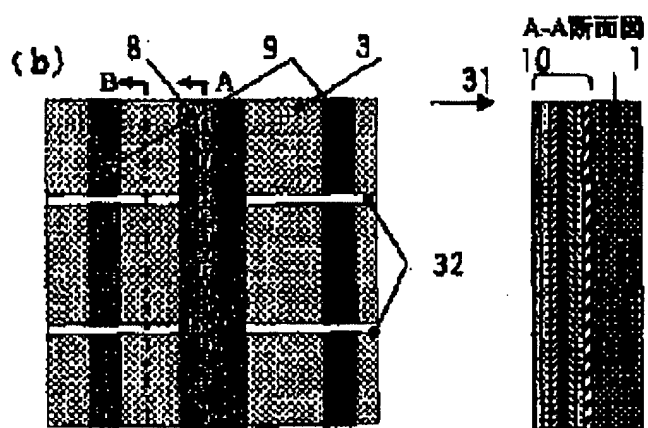
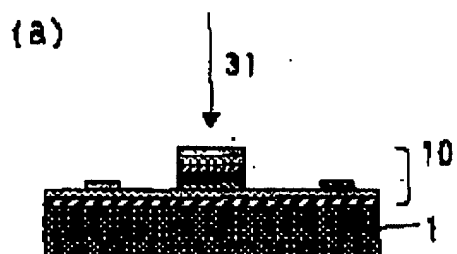


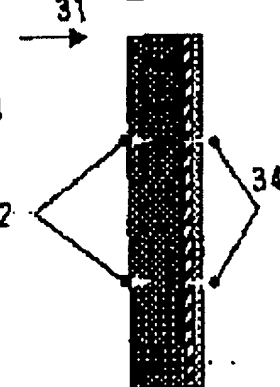
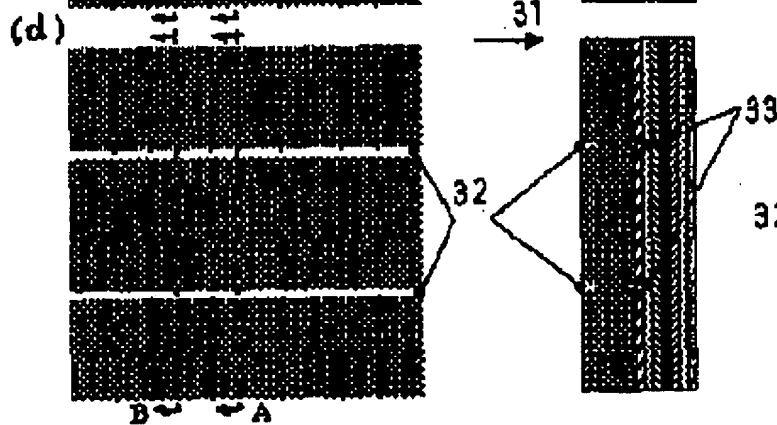
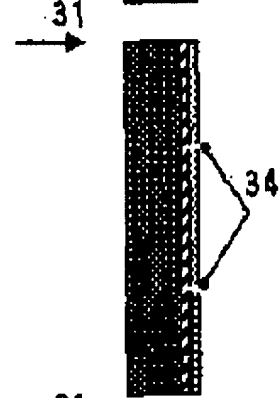
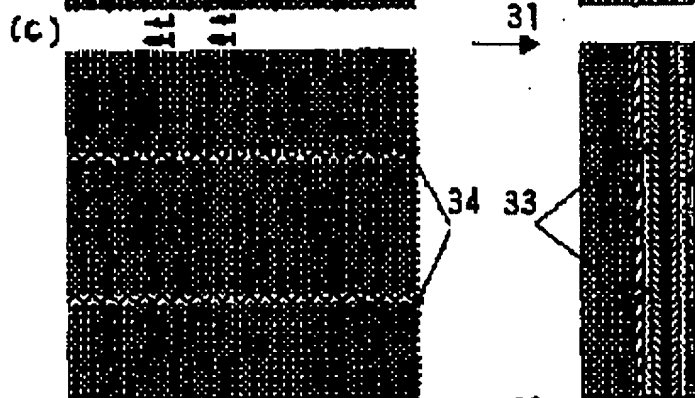
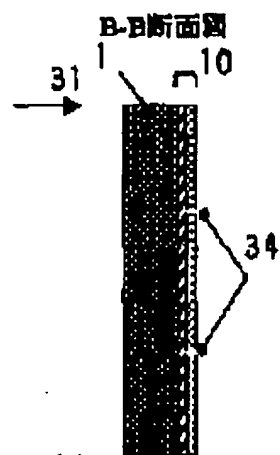
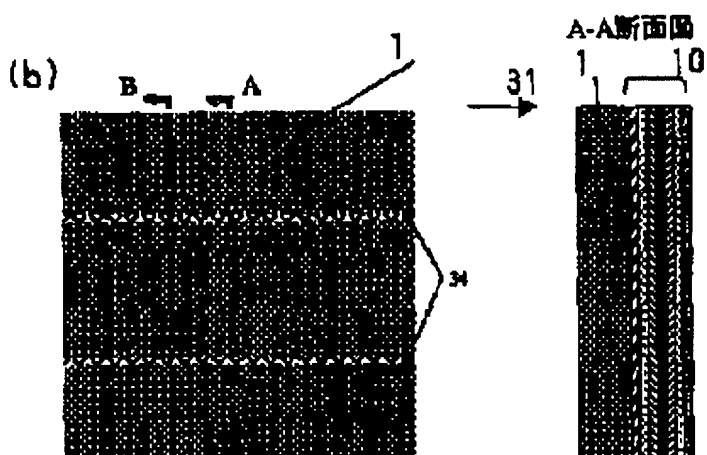
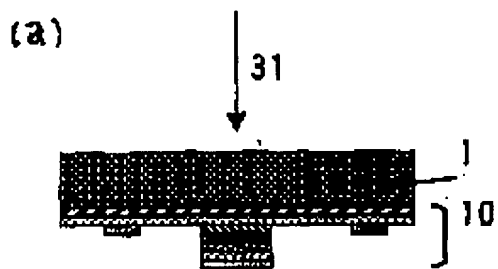
(b)

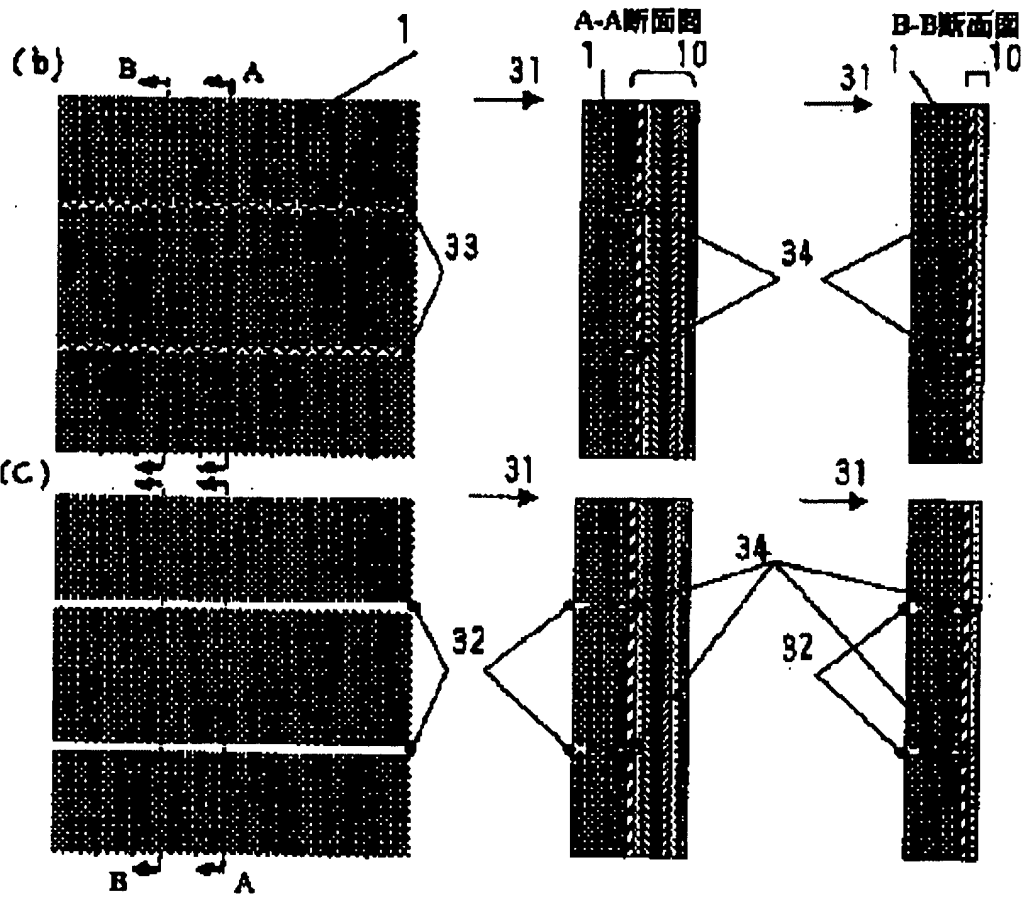
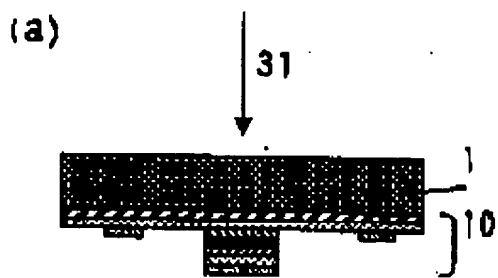






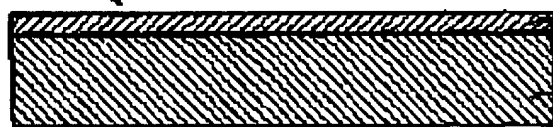






半導体ウエハ  
100

(a)



101窒化物系化合物半導体

102サファイア基板

(b)



103第1の溝

(c)



104第2の溝

(d)



105半導体チップ

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-46177

(P2003-46177A)

(43)公開日 平成15年2月14日(2003.2.14)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\*(参考)

H 0 1 S 5/02

H 0 1 S 5/02

4 E 0 6 8

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

D 5 F 0 7 2

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

B 5 F 0 7 3

// B 2 3 K 101: 40

B 2 3 K 101: 40

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願2001-232788(P2001-232788)

(22)出願日

平成13年7月31日(2001.7.31)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 矢島 浩義

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 山中 圭一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100082692

弁理士 蔵合 正博 (外1名)

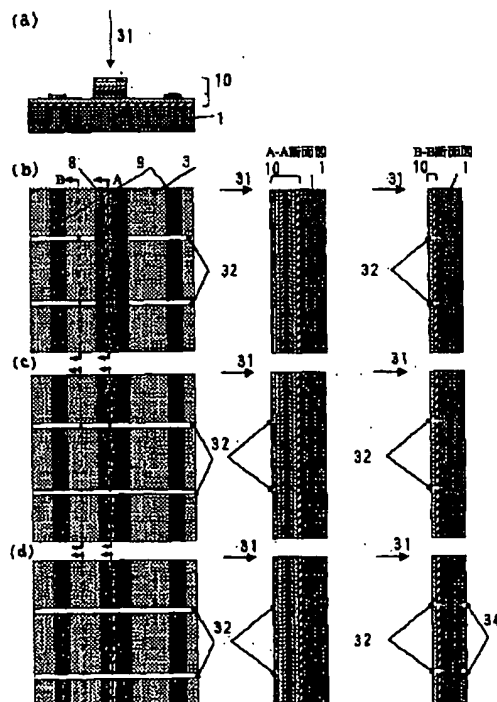
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザの製造方法

(57)【要約】

【課題】 レーザスクライプ法におけるクラックやチッピング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに、良好な劈開面である光共振器を得て、ひいては製品歩留を向上せしめた、半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 超短パルスレーザ光31は、酸化物単結晶基板1とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物10からなる積層体基板に対して、化合物半導体積層物10側からストライプと垂直な方向に照射される。超短パルスレーザ光31の波長は、化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。これにより入射面あるいは入射面とは反対面にスクライプ32、34を行ない、その後図示はしないが劈開することにより、クラックやチッピング等の欠陥がなく、かつ化合物半導体積層物の特性変化がない、半導体レーザ素子が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくとも前記ストライプと垂直な方向に、少なくとも前記酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して前記積層体基板にレーザスクライブを行い、前記レーザスクライブ痕に沿って前記積層体基板を劈開することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 前記超短パルスレーザ光は前記酸化物単結晶基板側より照射され、前記超短パルスレーザ光の入射面とは反対面である前記化合物半導体積層物層表面から前記レーザスクライブすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライブは、前記積層体基板内部のレーザスクライブであることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライブは、前記酸化物単結晶基板をスクライブする第1のレーザスクライブと、前記化合物半導体積層体物と前記酸化物単結晶基板をまたいでスクライブする第2のレーザスクライブからなることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 前記超短パルスレーザ光の偏光方向は、前記レーザスクライブ方向に対して平行な直線偏光であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットは、前記レーザスクライブ方向と垂直な方向に比べて平行な方向に広いことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項7】 前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットの焦点深度は、前記積層体基板の厚さ以下であることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 前記超短パルスレーザ光のパルス幅は10ピコ秒以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザの製造方法に関し、特に酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板において、良好な共振器を得るための半導体レーザ製造方法に関する。

## 【0002】

の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板を劈開するためのスクライブ方法としては、ダイヤモンドスクライブ、ダイシング、エッチング、レーザスクライブ等の方法が利用されている。このうち、ダイヤモンドスクライブは、ダイヤモンドポイントにより積層体基板の表裏に溝入れ加工を行い、その後ブレーキング用の刃を溝の一面に当接させた状態で刃に積層体基板方向の力を加えて劈開する方法である。ダイシングは、ダイヤモンドホイールを用いて積層体基板に溝入れ加工することで、積層体基板の劈開を行う方法である。エッチングは、例えばイオンミリング法のようなドライエッチング法により、エッチング材料と化合物半導体積層物を構成する材料との反応性を利用して、化合物半導体積層物に溝入れ加工を行い、積層体基板の劈開を行う方法である。レーザスクライブも、基本的にダイヤモンドスクライブと同じ方法であり、例えば遠赤外光である炭酸ガスレーザ光や紫外光であるエキシマレーザ光や赤外光であるYAGレーザの3次あるいは4次高調波光を積層体基板に照射して積層体基板に溝入れ加工を行っていた。レーザ光を用いたレーザスクライブ法は、特開平10-321908号明細書に開示されている。

【0003】以下、図6を参照して特開平10-321908号明細書に記載された窒化物系化合物半導体の分離方法について説明する。この方法では、予め窒化物系化合物半導体101が形成された半導体ウエハ100が準備されている。この半導体ウエハ100は、サファイア基板102上にGaNを低温で形成させたバッファ層が形成されている。順次、N型コンタクト層としてGaN、活性層としてノンドープのInGaN、P型クラッド層としてAlGaN、P型コンタクト層としてGaNを形成させた2インチ径の半導体ウエハ100である。なお、半導体には不図の部分的なエッチングが施され、P型及びN型半導体がそれぞれ露出されている。露出された半導体表面には電極が形成されており分離後は発光素子として機能するよう形成されている。また、レーザ照射される溝に沿って半導体接合部までエッチングされている(図6(a))。このような半導体ウエハ100をXYステージ上に固定配置させる。エキシマレーザを照射させながら半導体ウエハ100をX軸及びY軸方向にそれぞれ移動させて縦横に第1の溝103を形成させる。形成された第1の溝103は、半導体表面側からサファイア基板の一部まで形成されており、開口部が巾の約40 $\mu$ mの逆三角形形状である(図1(b))。次に、レーザ照射により形成された第1の溝にダイシングの刃を当て第1の溝に沿ってダイシングの刃を走らせ第2の溝104を形成させる(図1(c))。その後、第2の溝104に沿ってサファイア基板側からローラーにより圧力を加えて押し割ることにより、各半導体チップ105ごとに分離させる(図1(d))。これにより

とができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の技術のうちレーザスクライブ法では、基本的に酸化物単結晶基板と化合物半導体積層物に対して不透明で吸収のある波長であるレーザ光を使用して半導体を分離しており、以下のような問題があった。このレーザ光は、遠赤外光の炭酸ガスレーザ光や紫外光のエキシマレーザ光やYAGレーザの3次あるいは4次高調波光であり、その光波形が連続波あるいは数10ピコ秒以上の長いパルス波を照射させて、積層体基板に溝入れ加工を行っていた。この場合のレーザ光の吸収は、長波長側では材料のフォノン振動バンド以下の光振動数で起こり、短波長側では材料のエネルギーバンド以上の光子エネルギーで起こる。この現象は、レーザ光の材料入射表面近傍でのみ起こり、吸収された光エネルギーはピコ秒オーダーで材料の熱エネルギーに変換される。しかし、レーザ光の照射時間すなわち材料への熱注入時間は、積層体基板材料の熱拡散速度に比べて長い時間であるため、光エネルギーが吸収される集光スポット領域での温度上昇は熱拡散量との差分であり、集光スポット外への熱拡散は周囲の温度上昇を引き起こす。このため、集光スポット周囲にクラックやチッピング等の欠陥を発生させ、またこの温度上昇が化合物半導体積層物の特性を変化させることで、所望の光共振器となる劈開面を得ることが大変困難であり、半導体レーザの製品歩留が悪くなる問題があった。

【0005】本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、レーザスクライブ法におけるクラックやチッピング等の欠陥の発生を抑制し、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上させることのできる半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくともそのストライプと垂直な方向に、少なくとも酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して積層体基板にレーザスクライブを行い、このレーザスクライブ痕に沿って積層体基板を劈開するようにしたものである。これにより、レーザスクライブによるクラックやチッピング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上することができる。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明

る化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくとも前記ストライプと垂直な方向に、少なくとも前記酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して前記積層体基板にレーザスクライブを行い、前記レーザスクライブ痕に沿って前記積層体基板を劈開することを特徴とする半導体レーザの製造方法であり、これによりクラックやチッピング等の欠陥のないスクライブが可能になり、かつスクライブ時の化合物半導体積層物の特性変化もないため、このスクライブ痕に沿って積層体基板を劈開することで、良好な劈開面である光共振器が得られ、製品歩留を向上することが可能になるという作用を有する。

【0008】本発明の請求項2に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光は前記酸化物単結晶基板側より照射され、前記超短パルスレーザ光の入射面とは反対面である前記化合物半導体積層物層表面から前記レーザスクライブすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりスクライブ時に発生飛散する除去物が化合物半導体積層物に再付着することによる半導体レーザの特性低下を防止することが可能になるという作用を有する。

【0009】本発明の請求項3に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライブは、前記積層体基板内部のレーザスクライブであることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりスクライブ時に発生する除去物の飛散をなくすることが可能になり、除去物の化合物半導体積層物への再付着することによる半導体レーザの特性低下を防止することが可能になるという作用を有する。

【0010】本発明の請求項4に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライブは、前記酸化物単結晶基板をスクライブする第1のレーザスクライブと、前記化合物半導体積層物と前記酸化物単結晶基板をまたいでスクライブする第2のレーザスクライブからなることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板の劈開をする際の位置精度の向上ならびに酸化物単結晶基板の劈開性が向上するという作用を有する。

【0011】本発明の請求項5に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の偏光方向は、前記レーザスクライブ方向に対して平行な直線偏光であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板の劈開をする際の、位置精度の向上ならびに劈開面の品質向上が得られるという作用を有する。

【0012】本発明の請求項6に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポット

行な方向に広いことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりレーザスクライプする際の加工速度の向上が図られ、生産性の向上が得られるという作用を有する。

【0013】本発明の請求項7に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットの焦点深度は、前記積層体基板の厚さ以下であることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板厚さ方向の加工位置精度の向上が得られるという作用を有する。

【0014】本発明の請求項8に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光のパルス幅は10ピコ秒以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板の超短パルスレーザ光照射スポット外での熱拡散による温度上昇を低減させやすいという作用を有する。

【0015】以下、本発明の実施に形態について図面を用いて説明する。(実施の形態1) 図1は本発明の実施の形態1における積層体基板の構造を示す。図1(a)は積層体基板の断面図であり、1は酸化物単結晶基板であり、例えばサファイア基板である。2はバッファ層、3はn型コンタクト層、4はn型クラッド層、5は活性層、6はp型クラッド層、7はp型コンタクト層、8はp側電極、9はn側電極であり、これら2から9により化合物半導体積層物10が構成される。化合物半導体積層物10は、図1(b)のようにストライプ状の形状を有し、例えばGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Nなどの窒化物系III-V族化合物半導体からなり、またpn接合を含んでいる。

【0016】図1(b)は図1(a)の断面を有する積層体基板を、化合物半導体積層物10側から見た図である。この方向から見た場合、p側電極8とn側電極9、およびn側コンタクト層3が見え、p側電極8とn側電極9がストライプ状の形状を成す。ストライプ形状と垂直な方向11aおよび11bに劈開用のスクライプを形成し、このスクライプに沿って劈開することで、少なくとも活性層5を中心として、n型クラッド層4、p型クラッド層6に良好な劈開面を形成して、両劈開面間にファブリペロー型光共振器を形成する。その後、ストライプ形状と平行な方向12aおよび12bに劈開用のスクライプを形成し、このスクライプに沿って劈開することで半導体レーザ素子を得る。図1(a)は、得られた半導体レーザ素子をストライプ形状と垂直な方向11aあるいは11bの方向より見た断面図である。

【0017】化合物半導体積層物10として例示した窒化物系III-V族化合物半導体は六方晶の構造であり、これのc面に垂直な劈開性のある方向は(11-20)面あるいは(1-100)面である。また、酸化物単結晶基板1である例示したサファイア基板も六方晶の構

造化合物半導体積層物10は、例えばMOCVD法により酸化物単結晶基板1の上に順次積層されて構造化される。例示した窒化物系III-V族化合物半導体からなる化合物半導体積層物10との格子定数整合性のため、酸化物単結晶基板1は強い劈開性を有していないもののサファイア基板が選択される。この時、サファイア基板のc面上に化合物半導体積層物10の劈開性のある方向が、化合物半導体積層物10のストライプ形状と垂直な方向と一致するように構成されている。

【0018】本実施の形態1で例示したサファイア基板である酸化物単結晶基板1と、化合物半導体積層物10を構成する窒化物系III-V族化合物半導体は、非常に高いモース硬度を有する。このため、良好な劈開面を得るためのスクライプにも高い品質が要求され、接触方式であるダイヤモンドスクラバーやダイシングでは、スクライプの際に発生するクラックやチッピングが引き金となり、良好な劈開面が得られず半導体レーザ素子の製品歩留や品質、寿命等の低下要因となっていた。一方、非接触方式であるレーザスクライビングでも、従来の基板に吸収のある波長での連続波照射や、ナノ秒以上の長いパルス波の照射では、照射領域以外への熱拡散により、温度上昇に起因するクラックやチッピングが引き金となり、良好な劈開面が得られなかった。また、クラックやチッピングは化合物半導体積層物10の後の温度上昇に起因する転移を増殖する要因となり、化合物半導体10の特性を変化させ、品質や寿命の低下要因となる。

【0019】図2は超短パルスレーザによるレーザスクライプ装置の概略構成図である。21は超短パルスレーザ発振器、22はパルスエネルギー減衰器、23はレーザビーム変換器、24はレーザビーム集光装置、25は積層体基板、26は基板保持移動機構である。超短パルスレーザ発振器21は、被励起媒質が遷移金属イオンであるCr<sup>3+</sup>、Ti<sup>3+</sup>、Cr<sup>4+</sup>や、希土類イオンであるNd<sup>3+</sup>、Yb<sup>3+</sup>、Ho<sup>3+</sup>、Er<sup>3+</sup>を有する固体媒質であり、分散補償素子を有するモードロック化された光共振器より発振される。この光発振器のパルス周波数は数10MHzであり、場合によってはレーザスクライプに十分なパルスエネルギーでないため、パルス伸張圧縮器を有した再生増幅器や多段増幅器によって増幅される。パルス波形は、sech波形であるため同一パルスエネルギーで比較した際、高いピーク光強度を有するパルスである。

【0020】超短パルスレーザ発振器21から発振された超短パルスレーザ光は、パルスエネルギー減衰器22で必要に応じてレーザスクライプに適したパルスエネルギーに減衰される。具体的には、例えば波長板を複数枚組み合わせた機構により超短パルス光の偏光を利用して減衰される。さらに必要に応じてレーザビーム変換器23によって、超短パルスレーザ光の空間分布や偏光状態



スクにより空間分布を変換し、例えば波長板により偏光状態を変換する。このようにして変換された超短パルスレーザ光31は、レーザビーム集光装置24により集光される。具体的には単レンズやレンズ群といった透過型や、球面あるいは放物面や非球面鏡といった反射型である。集光スポットサイズは、入射する超短パルスレーザ光の大きさと伝播時に発生する発散角と焦点距離で決まり、そのスポットサイズの伝播方向での広がり距離である焦点深度は、波長と集光スポットサイズ、あるいは焦点距離と波長と集光装置24への入射サイズで決まる。酸化物単結晶基板と化合物半導体積層物からなる積層体基板25は、基板保持移動機構26に保持されており、また基板保持移動機構26は、例えばXYZステージによる移動機構を備えている。以上により、超短パルスレーザ光31は積層体基板25に照射され、レーザスクライプを行う。

【0021】次に、超短パルスレーザ光の積層体基板25へのレーザスクライプ機構について説明する。超短パルスレーザ光の金属物質との相互作用は、金属物質中の自由電子により光エネルギーが吸収され、ピコ秒オーダーでフォノンとして放出され固体系へ移乗され、熱として金属物質の温度上昇になり、ある温度以上で気化と蒸発が始まり、スクライプできる。また、誘電体では価電子帯に束縛された束縛電子をピーク光強度に依存する多光子吸収過程によりイオン化して自由電子を生成し、金属物質と同様な過程によりスクライプできる。物質中での熱拡散距離は、熱伝導率、密度、熱容量によって求められる熱拡散係数とパルスレーザ光の照射時間によって決まる。すなわち、短いレーザパルス光であるほど周囲への熱拡散が抑制でき、好ましくは10ピコ秒以下である。先の多光子吸収過程は、そのピーク光強度に依存する現象である。すなわち、超短パルスレーザ光の波長に対して透明な材料でもスクライプが可能になる。また、透明な材料内部にのみこの多光子吸収過程が起こり得る領域を形成すれば、透明材料内部にスクライプ可能になる。また、超短パルスレーザ光がガウス分布的な空間分布を有していれば、その多光子吸収過程が起こり得るピーク光強度の空間領域のみスクライプ可能となり、一般的な集光スポットサイズを表す $e^{-2}$ 幅や半値幅以下の微細なスクライプも可能である。以上により、超短パルスレーザ光によるレーザスクライプでは、熱拡散による周囲の温度上昇によるクラックやチッピングのないスクライプが可能になり、かつ積層体基板25に透明な波長であれば表面のみならず任意の内部にレーザスクライプが可能である。これにより、良好な劈開面を得られるスクライプが達成できる。

【0022】図3は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプ方法の工程を示す図であり、(a)は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図

(c)、(d)の左端の図は超短パルスレーザ光31の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板のA-A断面図、右端がB-B断面図である。32は超短パルスレーザ光31の入射面側レーザスクライプ、34は超短パルスレーザ光31の入射面と反対面側のレーザスクライプである。

【0023】超短パルスレーザ光31は、積層体基板の化合物半導体積層物10側より照射される。超短パルスレーザ光31の波長は化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。例えば、化合物半導体積層物10として窒化物化合物半導体であるGaNの場合、短波長側の吸収端は360nmであり可視・近赤外光に対して透明である。また、酸化物単結晶基板であるサファイア基板の場合、短波長側の吸収端は190nmであり可視・近赤外光に対して透明である。

【0024】図3(b)では、A-A断面を含むストライプ部を除いて、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、B-B断面図のように酸化物単結晶基板1に至るまでスクライプ32を行う。さらに、図3(c)では(b)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部にそれと垂直な方向に、p型コンタクト層7に至るまでスクライプ32を行う。図3(d)では(c)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、化合物半導体積層物10のストライプ部ならびにn側電極9を除いた領域に、超短パルスレーザ光31の入射面とは反対面の酸化物単結晶基板1にスクライプ34を行う。スクライプの品質は図3(b)から(d)に差がないが、次の工程である劈開は図3の(d)、(c)、(b)の順に少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ個所ならびに積層体基板内のスクライプ個所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基板1に対しては、その多光子吸収過程が実現可能なピーク光強度位置に合わせることで行う。

【0025】スクライプ32、34は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光31の偏光を直線偏光でスクライプ方向と一致するようにすると好ましい。さらに、超短パルスレーザ光31の空間分布をスクライプ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライプできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光31のパルス幅は10ピコ秒以下であることが望ましい。

【0026】化合物半導体積層物10の劈開性を示す面は、化合物半導体積層物10のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライプ32、34と平行である。スクライプ形成後、酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を

かつバー状に分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライプ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライプを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0027】(実施の形態2)次に、本発明の実施の形態2について説明する。本実施の形態2は基本的には実施の形態1と同様なので、以下の説明では実施の形態1と異なる個所についてのみ説明する。図4は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプの形態を示す図であり、(a)は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図であり、31は超短パルスレーザ光である。(b)、(c)、(d)の左端の図は超短パルスレーザ光31の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板のA-A断面図、右端がB-B断面図である。32は超短パルスレーザ光31の入射面側レーザスクライプ、33は積層体基板内のレーザスクライプ、34は超短パルスレーザ光31の入射面と反対面側のレーザスクライプである。超短パルスレーザ光31は、積層体基板の酸化物単結晶基板1側より照射される。超短パルスレーザ光31の波長は化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。

【0028】図4(b)では、A-A断面を含むストライプ部およびn側電極9を除いた、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、B-B断面図のように超短パルスレーザ光31の入射面と反対面である酸化物単結晶基板1にスクライプ34を行う。さらに、図4(c)では(b)のスクライプ32に加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、A-A断面を含むストライプ部およびn側電極9に、酸化物単結晶基板1とバッファ層2、n型コンタクト層3に内部スクライプ33を行う。図4(d)では、(c)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、超短パルスレーザ光31の入射面である酸化物単結晶基板1にスクライプ32を行う。スクライプの品質は図4(b)から(d)に差がないが、次の工程である劈開は図4の(d)、(c)、(b)の順に少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ箇所ならびに積層体基板内のスクライプ箇所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基板1に対しては、その多光子吸収過程が実現可能なピーク光強度位置に合わせることで行う。

【0029】スクライプ32、33、34は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光31の偏

好ましい。さらに、超短パルスレーザ光31の空間分布をスクライプ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライプできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光31のパルス幅は10ピコ秒以下であることが望ましい。

【0030】化合物半導体積層物10の劈開性を示す面は、化合物半導体積層物10のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライプ32、33、34と平行である。スクライプ形成後、酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開し、半導体レーザの光共振器面を得てかつバー状に分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライプ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライプを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0031】(実施の形態3)次に、本発明の実施の形態3について説明する。本実施の形態3は基本的には実施の形態1と同様なので、以下の説明では実施の形態1と異なる個所についてのみ説明する。図5は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプの形態を示す図であり、(a)は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図であり、31は超短パルスレーザ光である。(b)、(c)の左端の図は超短パルスレーザ光31の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板のA-A断面図、右端がB-B断面図である。32は超短パルスレーザ光31の入射面側レーザスクライプ、33は積層体基板内のレーザスクライプ、34は超短パルスレーザ光31の入射面と反対面側のレーザスクライプである。超短パルスレーザ光31は、積層体基板の酸化物単結晶基板1側より照射される。超短パルスレーザ光31の波長は化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。

【0032】図5(b)では、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、A-A断面図およびB-B断面図のように、酸化物単結晶基板1とバッファ層2、n型コンタクト層3に内部スクライプ33を行う。図5(c)では、(b)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、超短パルスレーザ光31の入射面である酸化物単結晶基板1にスクライプ32を行う。スクライプの品質は図5(b)と(c)に差がないが、次の工程である劈開は図5の(c)の方が少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ箇所ならびに積層体基板内のスクライプ箇所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基

ク光強度位置に合わせることで行う。

【0033】スクライブ32, 33, 34は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光31の偏光を直線偏光でスクライブ方向と一致するようにすると好ましい。さらに、超短パルスレーザ光31の空間分布をスクライブ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライブできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光31のパルス幅は10ピコ秒以下であることが望ましい。

【0034】化合物半導体積層物10の劈開性を示す面は、化合物半導体積層物10のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライブ32, 33, 34と平行である。スクライブ形成後、酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライブに応力集中を与えることで劈開し、半導体レーザの光共振器面を得てかつバー状に分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライブ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライブを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライブに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0035】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくともストライプと垂直な方向に、少なくとも酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して積層体基板にレーザスクライブを行い、このレーザスクライブ痕に沿って積層体基板を劈開するようにしたので、レーザスクライブによるクラックやチッピング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上することができるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の実施の形態1, 2, 3における積層体基板の断面図

(b)は本発明の実施の形態1, 2, 3における積層体基板の平面図

【図2】本発明の実施の形態1, 2, 3における超短パルスレーザによるレーザスクライブ装置の概略構成図

【図3】本発明の実施の形態1における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライブ方法の工程を示し、(a)は積層体基板の断面図

(b), (c), (d)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図4】本発明の実施の形態2における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライブ方法の工程を示し、(a)は積層体基板の断面図

(b), (c), (d)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図5】本発明の実施の形態3における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライブ方法の工程を示し、(a)は積層体基板の断面図

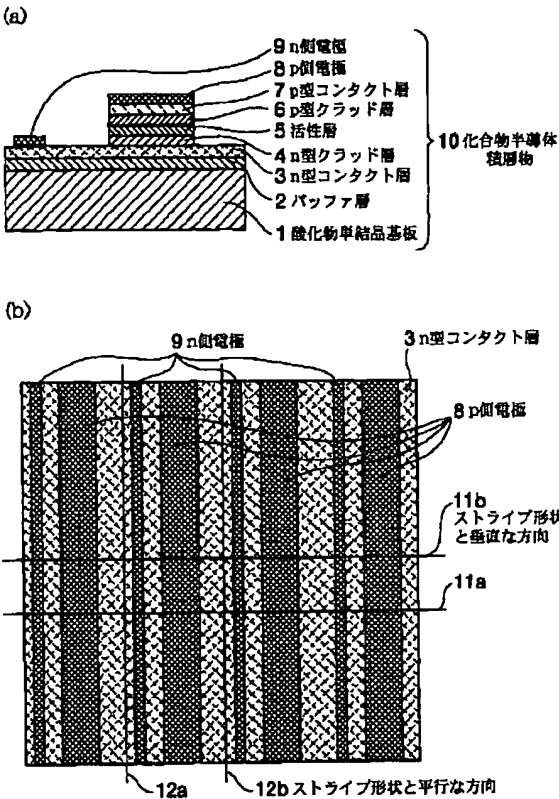
(b), (c)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図6】(a), (b), (c), (d)は従来例におけるレーザスクライブ方法の工程を示す化合物半導体の断面図

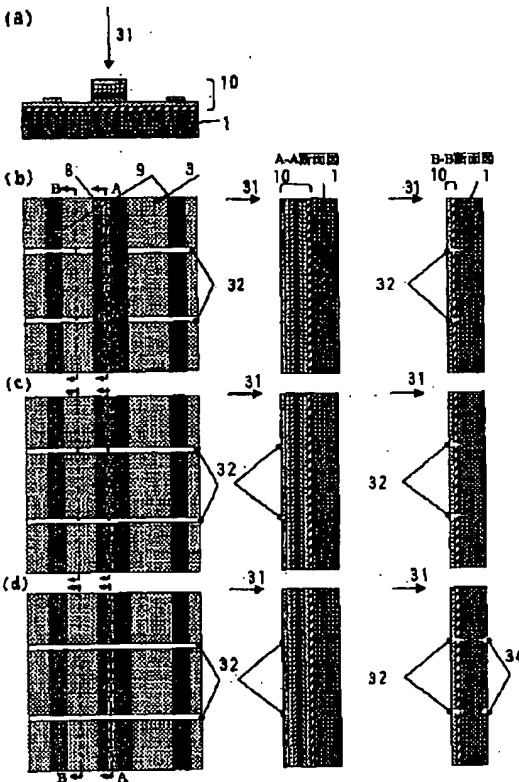
【符号の説明】

- 1 酸化物単結晶基板
- 2 バッファ層
- 3 n型コンタクト層
- 4 n型クラッド層
- 5 活性層
- 6 p型クラッド層
- 7 p型コンタクト層
- 8 p側電極
- 9 n側電極
- 10 化合物半導体積層物
- 11 ストライプ形状と垂直な方向
- 12 ストライプ形状と平行な方向
- 21 超短パルスレーザ発振器
- 22 パルスエネルギー減衰器
- 23 レーザビーム変換器
- 24 レーザビーム集光装置
- 25 積層体基板
- 26 基板保持移動機構
- 31 超短パルスレーザ光
- 32 超短パルスレーザ光の入射面側レーザスクライブ
- 33 積層体基板内のレーザスクライブ
- 34 超短パルスレーザ光の入射面と反対面側のレーザスクライブ

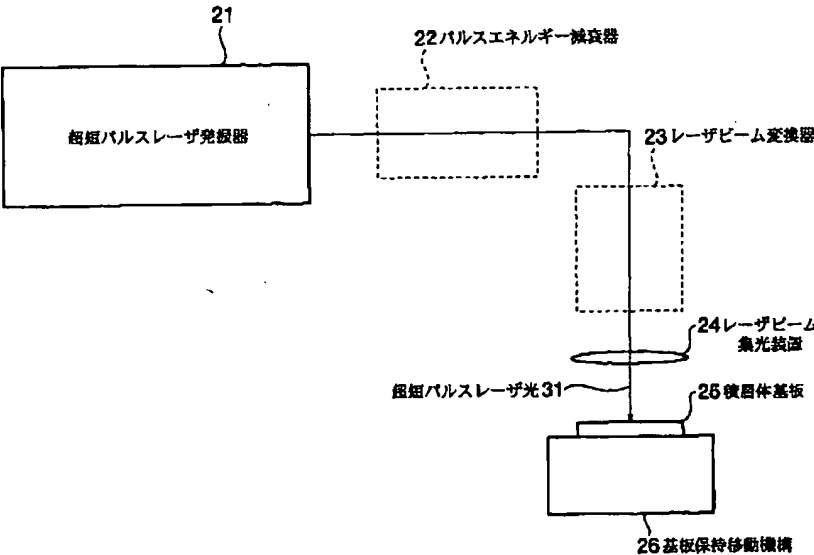
【図1】



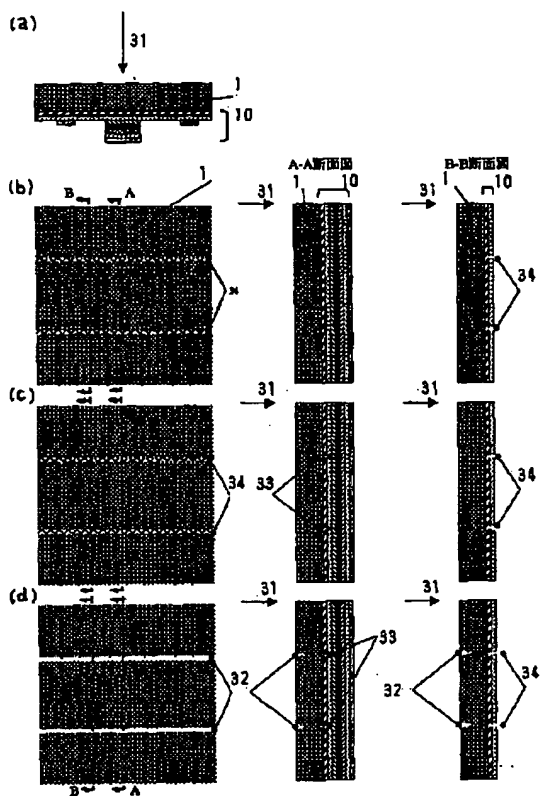
【図3】



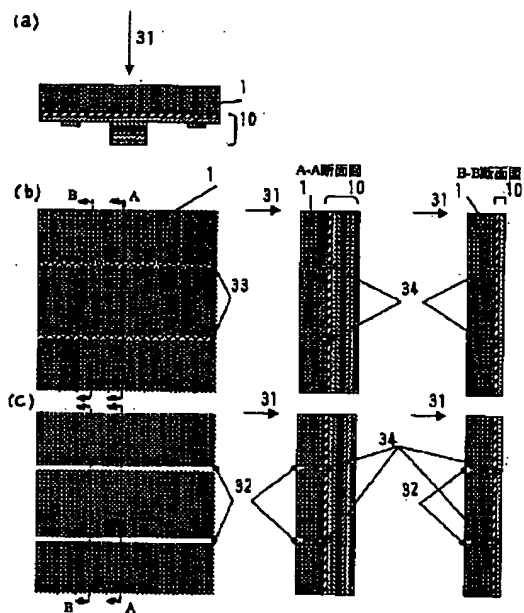
【図2】



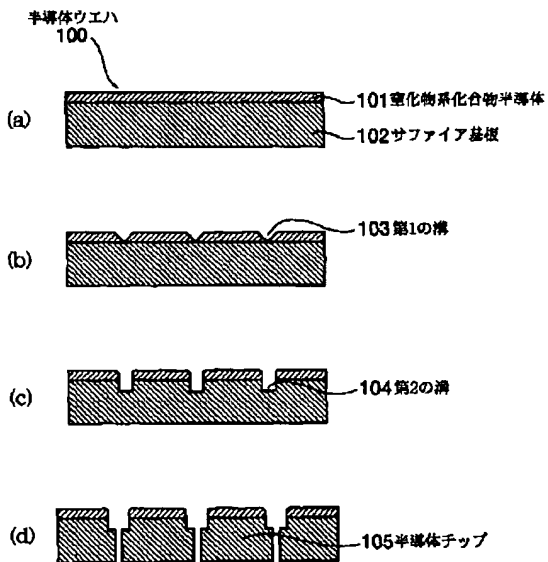
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 真  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

(72)発明者 石橋 明彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

Fターム(参考) 4E068 AD01 CA03 CA07 CB10 DA09  
DA11  
5F072 AB02 AB09 JJ20 MM08 MM09  
RR01 RR03 SS08 YY06 YY08  
5F073 CA02 CA07 CB05 DA32 DA34